جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و پنجم، پاییز ۱۳۹۹

صص ۳۷- ۲۱

DOI: https://dx.doi.org/10.22067/geo.v9i3.87970

مقاله پژوهشی

منشأیابی و بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ذرات گردوغبار در شهرستان سرخس

معصومه درمانی- دانش‌آموخته دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان، ایران

هایده آراء[۱]- استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

علیرضا راشکی- دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

آبرادات مافی- کارشناس زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی شمال شرق کشور، مربی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۷ تاریخ بازنگری : ۱۳۹۹/۶/۲٤ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۷/۱۵

چکیده

شهرستان سرخس در شمال شرقی ایران، با آب و هوایی خشک و بیابانی در استان خراسان رضوی قرار دارد. این شهرستان اگرچه در حوزه آلاینده‌های گازی مشکلی ندارد، اما ریزگردها بیشتر از گذشته باعث بروز روزهای ناسالم می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، بر فراز شهرستان سرخس و شناسایی منابع و کانی‌های تشکیل‌دهنده گردوغبار است. نمونه‌برداری به صورت تکرار مکانی در هنگام فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۸ صورت پذیرفته است. این پژوهش بر روی ذرات ریز گرد با اندازه کمتر از ۱۰میکرومتر در ارتفاع ۲-٤ متری از سطح زمین انجام شده است. با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی القایی، پراش پرتوایکس، فلزات و کانی‌های حاضر در ذرات گردوغبار شناسایی و با به کارگیری میکروسکوپ الکترونی و آنالیز لیزری، شکل ذرات و اندازه آن‌ها تعیین گردیده است. طبق نتایج به دست آمده. فلزات: کلسیم، آلومینیوم، سدیم، آهن، گوگرد، تیتانیوم، بر، منگنز، روی و استرانسیوم بالاترین میزان غلظت را در گردوغبار روستاهای تعیین شده، دارند. بررسی کانی‌شناسی ذرات گردوغبار نشان می‌دهد که بیشترین غلظت کانی رسی تشکیل دهنده ذرات شامل: کائولینیت، کلریت، کوارتز، کلسیت، ژیبس است. کلسیم و آلومینیوم نیز با بالاترین میزان غلظت در بین فلزات محلول نشانگر منشأ خاکزاد بودن گردوغبار منطقه می‌باشد. همچنین برای عناصر همانند: استرانسیوم و گوگرد و ژیبس می‌توان منشأ تبخیری برای آن در نظر گرفت، از سوی دیگر غلظت بالای عناصر سمی و شیمیایی شامل:

۱ نویسنده مسئول:۰۲۳۳۱۵۳۵۵٦۹ Email: ara338@semnan.ac.ir

آرسنیک، سرب و روی را می‌توان به پالایشگاه خانگیران نسبت داد. بنابراین گردوغبار منطقه سرخس دارای سه منشأ خاکزاد، تبخیری و شیمیایی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: ذرات گردوغبار، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، XRD, SEM

۱. مقدمه

گردوغبار به عنوان یکی از مهم‌ترین منبع آلودگی‌های جوی از ابعاد مختلف مورد توجه محققان بوده است. اگرچه رویدادی طبیعی است، اما فعالیت‌های انسانی در تشدید آن می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد. این پدیده در بخش‌هایی از جهان که دارای مناطق خشک و بیابانی وسیع هستند، ایجاد می‌شود. کشور ایران به دلیل این مشکل و همجوار بودن با بخش وسیعی از پهنه‌های بیابانی تحت اثر نامطلوب پدیده گردوغبار قرار می‌گیرد (رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). بررسی سابقه مطالعات توفان گردوغبار از منابع اطلاعاتی نشان داد که بیشتر محققان (۶۱/۴۰ درصد) از روش آماری– سینوپتیکی برای مطالعه توفان‌های گردوغبار استفاده کردند و مهم‌ترین شاخص‌هایی که در ویژگی‌های فیزیکی مورد توجه پژوهشگران قرار گرفت، فراوانی و تراکم بود که به ترتیب ۳۴/۲۱ و ۳۴/۲۱ درصد از مطالعات را به خود اختصاص داده‌اند (آرامی و همکاران، ۱۳۹۷). مطالعات پژوهشگران نشان می‌دهد ترکیب کانی‌شناسی ذرات گردوغبار با توجه به منطقه‌ای که ذرات از آن منشأ گرفته‌اند تغییر می‌کند و به عبارت دیگر منعکس کننده ترکیب کانی‌شناسی منبع می‌باشد (زراسوندی، ۱۳۸۸).

کریمیان و همکاران در سال (۱۳۹۵) به بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار ریزشی بر فضای شهر اهواز پرداخته‌اند و منشأ توفان‌های گردوغبار با غلظت و مدت زیاد را به عوامل خارجی مانند اراضی خشک شده و مستعد فرسایش در مرز ایران و عراق مانند: تالاب هورالعظیم نسبت دادند که فاکتورهای داخلی تشدیدکننده آن‌ها می‌باشد. خاتونی در سال (۱۳۹۵) به بررسی رسوب‌شناسی و زمین شیمی رسوبات دشت خوزستان با نگرش بر پتانسیل ایجاد ریزگرد پرداخت. در این مطالعه، ۷۱ نمونه رسوب سطحی از دشت برداشت گردید. نمونه ها در آزمایشگاه مورد آنالیز دانه‌بندی و عنصری قرار گرفت. بررسی‌های رسوب‌شناسی نشان داد که اندازه رسوبات در حد گل، گل ماسه‌ای و ماسه گلی در برخی نقاط با کمی گراول می‌باشد که غالباً دارای منشأ رودخانه‌ای می‌باشد، با توجه به پراکنش درصد رس (ذرات زیر ۲ میکرون) می‌توان مناطق دارای پتانسیل ایجاد ریزگرد را شناسایی کرد. بر اساس مطالعات زمین شیمی، سه منشأ اصلی برای عناصر موجود در رسوبات دشت خوزستان می‌توان در نظر گرفت: عناصر As Be, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Er, Eu, Ga, Gd, Ge, Hf, La Li, Lu, Mn, Nb, Nd, Ni, P, Pr, Rb, Sc, Sm Sn, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tm, U, V, Y, Yb, Zn, Zr با منشأ آواری، عناصر B, Ag, Mo, S, Sr با منشأ تبخیری و برخی نقاط آلودگی‌های برجای مانده از جنگ تحمیلی و عناصر Ba, Pb, Se Dy, Tl, W تحت تأثیر آلودگی‌های شیمیایی و آلی می‌باشد، نتیجه تغییرات عناصر نادر و نسبت آن‌ها، خاستگاه رسوبی و نزدیک به

سطح را، برای سنگ یا رسوبات مادر نمونه‌های دشت خوزستان تأیید می‌کند. بشیری خوزستانی در سال (۱۳۹۵) نیز به بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیایی ذرات معلق بزرگ‌تر از ۱۱ میکرومتر در استان کردستان، غرب ایران پرداخت. او اندازه‌گیری میزان بارش ذرات معلق در واحد سطح از دانشگاه کردستان انجام داد. همچنین مقادیر فلزات قلیایی و قلیایی خاکی Na, K, Ca و Mg را با استفاده از روش جذب اتمی و در کنار آن فراوانی و نوع کانی‌های تشکیل دهنده این ذرات با استفاده فروردین‌ماه لغایت اسفندماه ۱۳۸۹ به مدت یک سال را به روش سنجش انباشت در محوطه از آنالیز تفرق اشـعه ایکس (XRD) در نمونه‌های آوری شـده مورد بررسـی قرارداد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیبات موجود در این ذرات می‌تواند تأکیدی بر منشـأ خاک‌زاد برای این ذرات معلق در غرب ایران باشد. همچنین جعفری در سال (۱۳۹٦) با بررسی ریزگردهای شهر کرمان منشأ گردوغبار را از خاک‌های شور و قلیایی اطراف کرمان معرفی نمود.

در پژوهشی که توسط مودیش [۱] بر روی ریزگردهای موجود در شهر ریاض در عربستان سعودی صورت پذیرفت به بررسـی ویژگی‌های فیزیکوشـیمیایی و ترکیب کانی‌شناسی و نیز مطالعات دانه‌بندی ذرات پرداخته شد و منجر به شناخت منشأ رسوبات در سه بیابان احاطه‌کننده منطقه مورد مطالعه گشت. همچنین نتایج حاکی از این بوده است که تمامی نمونه‌های برداشت شده دارای مقادیر فراوان کربنات کلسیم بوده است که نشانگر وجود خاک‌های غنی از آهک و دولومیت متعلق به قاره عربی می‌باشد.

برومندی [۲] و همکاران در سال (۲۰۱۷) به برسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردوغبار شهر اهواز پرداخت و به منظور توزیع دانه‌بندی از آنالیز لیزری و بررسی ترکیبات شیمیایی از اشعه فلورانس X اسپکتروفتومتر جذب اتمی پراش اشعه X استفاده نمود. نتایج حاکی از آن بود که طوفان‌های شهر اهواز از کشورهای همسایه بود. تجزیه و تحلیل میکروسکوپ الکترونی از نمونه‌های گردوغبار نشان می‌دهد که گردوغبار هوا، نامنظم، زاویه‌ای گرد شده است، اندازه ذرات گردوغباراز ۰/۱ تا ۰/۵۵ میکرومتر متفاوت بوده است. تجزیه و تحلیل شیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار منطقه نشـان داده است که بیشترین سهم ترکیبات تشکیل دهنده آن شامل: سیلیس، آلومین و کربنات کلسیم است و نشـان داده اسـت که منشـأ احتمالی این ذرات کشـورهای همسایه و جنوب غربی ایران بوده است. عناصر ردیابی تشـخیصی Cr, Co, Ni, Zn, S, Mo, Hg منابع غیر پوسته‌ای داشتند به‌طورکلی، گردوغبار هوا در شهر اهواز از نظر ژئوشیمیایی بسیار مشابه نمونه‌های گردوغبار در سایر نقاط جهان است.

پاراجولی و ژندر [۳] در سـال (۲۰۱۷) به بررسی ارتباط واحدهای ژئومورفولوژِی و انتشار گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به کمک نقشه‌های زمین‌شناسی، به تولید نقشه رسوب در مقیاس جهانی پرداخت و درنهایت واحد

1 Modish
2 Broomandi
3 Parajuli and Zender

پلایا و سبخاها را در تولیدگردوغبار معرفی کرد و نشان داد که رسوب عرصه و ذرات گردوغبار به نوع سطح زمین مرتبط است.

طرقبه[1] و همکاران در سال (۲۰۲۰) به منظور ارزیابی و بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی ذرات گردوغبار جوی در شهر شیراز (جنوبی) پرداخته است، نمونه‌های گردوغبار جو با استفاده از سینی‌های شیشه‌ای با روش جمع کننده خشک جمع‌آوری شد. ترکیب عناصر از طریق نوری پلاسما به صورت القایی انجام شد. طیف‌سنجی انتشار داده‌های هواشناسی نشان داد که گردوغبارترین روزها معمولاً در بهار و تابستان بوده است، تجزیه و تحلیل پراش پرتو X از نمونه‌های گردوغبار جوی نشان داد که درصد ترکیبات کانی‌شناسی گردوغبار جوی به ترتیب از بیشترین به کمترین شامل: کلسیت و دولومیت (۲٤٪)، پالیگورسکیت (۱۸٪)، کوارتز (۱٤٪) مسکویت (۱۳٪)، آلبیت (۱۱٪)، کائولونیت و گچ (۷٪)، زیرگون (٤٪)، آناتاز (۳٪) بوده است. میکروسکوپ الکترونی رویشی (SEM[2]) نشان داد: اندازه گردوغبار جمع آوری شده از ۰/۸–۵۰ میکرومتر متفاوت است، اما اندازه ۱۰ میکرومتر اندازه غالب بود. گردوغبار جوی جمع‌آوری شده دارای بلورهای مثلثی و اشکال نامنظم و نیمه گرد است. علاوه بر آن تولید گازهای گلخانه‌ای از دریاچه‌های خشک، مانند تالاب هور العظیم (واقع در جنوب غربی ایران)، همچنین به گردوغبار منطقه کمک کرده است.

وجود عرصه‌های بیابانی، فقر رطوبت، کاهش پوشش گیاهی، خشکسالی، هم‌جهت بودن با بادهای غالب ۱۲۱ روزه سیستان، کانون بحرانی مهم‌ترین عوامل داخلی وخارجی وقوع ریزگردها در سرخس است، بنابراین بررسی دقیق خصوصیات فیزیکی وشیمیایی ذرات گردوغبار به طور کامل احساس می‌گردد. در این پژوهش با استفاده از آنالیز فلزات محلول با روش طیف القایی (ICP[3]) (مونتنی[4] و همکاران، ۲۰۱۸) و تکنیک میکرسکوب الکترونی (SEM)، (پیرسیتال[5]،۲۰۱۰) و (پی–پایپر[6] ۲۰۱٦)، (خاتونی و همکاران، ۱۳۹۵) و دانه‌بندی لیزری (LPSA[7]) (سیرو[8]، ۲۰۰۵) به منشأ احتمالی ذرات گردوغبار در یک دوره سه ماهه از مرداد تا مهر ۱۳۹۸ پرداخته شد. لازم به ذکر است اطلاعات حاصل از این تحقیق به بررسی اثرات ذرات گردوغبار بر هوا، آب و خاک و همچنین سلامتی انسان کمک نموده و زمینه ساز اقدامات لازم در راستای کاهش مضرات ناشی از این پدیده درحوزه‌های سلامت انسان، محیط‌زیست و اقتصاد می‌گردد.

---

1 Torghabeh
2 Scanning Electron Microscope
3 Inductively Coupled Plasma
4 Mounteney
5 Pearceetal
6 Pe-Piper
7 Laser particle Sizer Analyze
8 Siro

۲. منطقه مورد مطالعه

۲. ۱. موقعیت جامعه آماری و منطقه مورد مطالعه

شـهر سرخس در همسایگی جنوب صحرای بزرگ قره قوم ترکمنستان قرار دارد و از این رو تحت تأثیر عوامل حاکم بر توسعه کویر قرار دارد و منطقه از نظر طبیعی استعداد گسترش کویر را دارد که همجواری با کویر قره قوم آن را تشـدید کرده است. حد طبیعی شهرستان را در جنوب، رودخانه کشف رود، حد شرقی را رودخانه تجن (بعد از پیوستن رودخانه هریرود و کشف رود) و حدود طبیعی غربی و جنوب غربی را آخرین امتدادهای ارتفاعات کپه داغ مشخص می‌نماید. به لحاظ جغرافیایی این منطقه در مختصات ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳٦ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ٦۰ درجه و ٤٦ دقیقه تا ٦۱ درجه و ۰۹ دقیقه طول شرقی واقع شده است. به لحاظ ارتفاعی، قسمت عمده شهرستان را دشت نسبتاً مسطحی تشکیل می‌دهد، بطوری‌که حداقل ارتفاع شهرستان ۲۵۵ متر و حداکثر ارتفاع ۱۷۳۲ متر از سطح دریا می‌باشد (گزارش زمین‌شناسی شهرستان سرخس: مجد آب شرق) شکل شماره ۱ موقعیت منطقه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهرستان سرخس (منبع: یافته‌های تحقیق)

۳. مواد وروش‌ها

اقدامات لازم به منظور انجام عملیات پژوهشی و میدانی به شرح ذیل می‌باشد:

۳. ۱. نمونه برداری گردوغبار

پس از هماهنگی با شـوراها و اهالی روسـتا در روسـتاهای منتخب شهرستان سرخس، ۳۰ دستگاه نمونه بردار شیشه‌ای شکل در پشت بام منازل روستایی مستقر شد. نمونه‌های گردوغبار دستگاه (ابعاد ذرات زیر ۱۰میکرون) پس

از پایان سه ماه به کمک قلم مو منحصر به فرد (به منظور جلوگیری از ترکیب شدن عناصر شیمیایی ذرات) از روی هر دستگاه جمع آوری شد و نمونه‌های هر روستا در هم ادغام شد و به آزمایشگاه مرکزی در مشهد انتقال داده شد.

موقعیت اسـتقرار دستگاه نمونه‌بردار در جدول ۱ و موقعیت روستاهای مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است.

۳. ۲. اقدامات آزمایشگاهی

نوع آزمایشات شامل دانه¬بندی و آنالیز عنصری و توزیع اندازه ذرات (PSA) میکروسکوب الکترونی (SEM) برای هر نمونه انجام شد.

۳. ۲. ۱.آزمایش تعیین کانی و عناصر شیمیایی

در آزمایشگاه نوع کانی‌ها و عناصر آن‌ها بر اساس روش‌های I CP انجام شد. در این روش تمامی عناصر جدول تناوبی بجز گازها قابل شناسایی است.از جمله ویژگی‌های آنالیز طیف‌سنجی القایی شامل: آنالیز همزمان چند عنصر و تعیین ترکیبات عناصر می‌باشد (جهان [1]، ۲۰۰۵).

۳. ۲. ۲. آنالیر دانه‌بندی ذرات گردوغبار

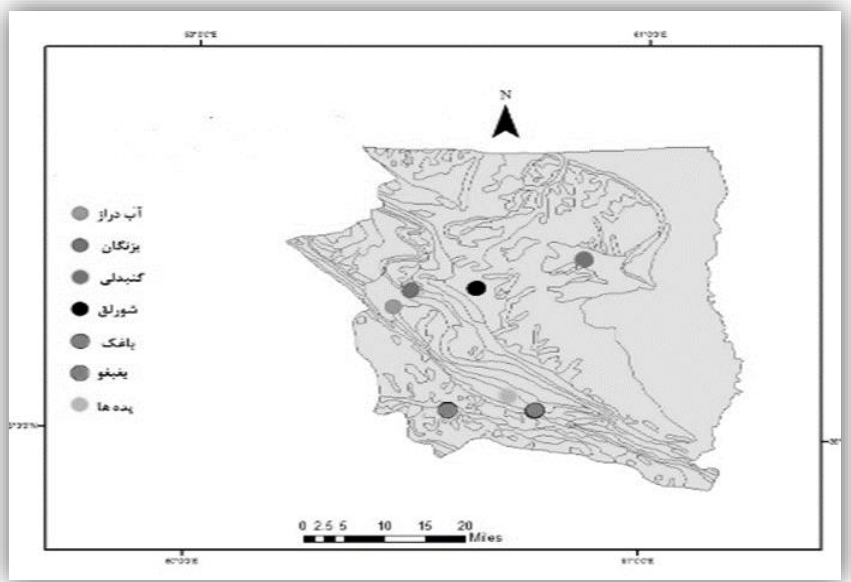
برای هر نمونه در مناطق نمونه‌برداری خصـوصـیات دانه‌بندی توسـط دانه‌بندی تکنیک میکرسـکوب الکترونی (SEM) و دانه‌بندی لیزری (LPSA)[2] بر روی نمونه‌ها انجام شــد. هدف از آنالیز میکرسـکوب الکترونی تصـویر برداری از سطح نمونه به صورت سه بعدی و تعیین خصوصیات مورفولوژی، شکل، اندازه و نحوه قرارگیری ذرات درسطح جسم می‌باشد.

۳. ۲. دانه‌بندی لیزری

به منظور تعیین الگوی توزیع اندازه ذرات نیز مقدار ۳/. گرم از هر نمونه توزین و به مدت یک ساعت با ۵ میلی لیتر هگزا متا فسفات سدیم مخلوط شد تا ذرات بهم پیوسته شده به طور کامل از هم جدا شوند. سپس الگوی توزیع اندازه ذرات گردوغبار توسـط دستگاه پراش اشعه لیزر تعیین می‌گردد. میکروسکوپ الکترونی درکنار خروجی‌های آنالیز لیزری درشناخت نوع کانی‌ها و ترکیبات آن و ریخت‌شناسی کمک شایانی خواهد کرد (زراسوندی، ۱۳۹۰).

---

1 Johan
2 Laser particle Sizer Analyze



شکل ۲- موقعیت روستاهای مورد مطالعه شهرستان سرخس

جدول ۱- موقعیت قرار گرفتن دستگاه نمونه بردار شیشه‌ای در پشت بام ساختمان

نام روستا	عرض جغرافیایی			طول جغرافیایی			نوع آزمایش
	ثانیه	دقیقه	درجه	ثانیه	دقیقه	درجه	
گنبدلی	۷/۹	۲۳	۳٦	٥۷/۱	٥۱	٦۰	SEM
شورلق	۷/٥	۱۹	۳٦	٥۷	۳۷	٦۰	SEM\PSA[1]
بزنگان	۳٤/٦	۱۸	۳٦	٤/۲	۲۹	٦۰	PSA
آب دراز	۲٦/٥	۱٦	۳٦	٥۱	۲٦	٦۰	SEM/PSA
پده ها	۱۰/۸	٥	۳٦	۳۲/۸	٤۲	٦۰	SEM/PSA
باغک	۲٥/۸	۳	۳٦	٥۰/۳	٤٥	٦۰	SEM/PSA
بغبغو	۲۱/٦	۳	۳٦	۲٤/۹	۳٤	٦۰	SEM/PSA

1 particle Size Analysts

٤. بحث و نتایج

در تصـاویر میکروسـکوپ الکترونی (شکل ۳) برای ذرات گردوغبار در روستاهای مد نظر نمونه‌برداری در دو مقیاس ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرومتربررسی شده است. بررسی میکروسکوپ الکترونی ذرات گردوغبار کمک شایانی به تعیین اندازه واقعی، شکل ذرات، انبوه‌های مختلف موجود در ذرات و درنهایت ترکیب شیمیایی و خاستگاه ذرات

می‌کند، دربررسی‌های SEM ریخت شناسی ذرات تا حدود بسیار زیادی نشان‌دهنده نوع کانی‌های تشکیل دهنده ذرات گردوغبار است. در شش تصویر (شکل ۳) اندازه ذرات تقریباً از یکنواختی خاصی برخوردارند. شکل کروی، نامنظم، کشـیده و منشـوری، بلوری ماکله ویا لوزی رخ در این نمونه‌ها معرف ذرات آلومینوسـیلیکلتی رسـی وکوارتزاسـت. در ذرات گردوغبار به کمک نرم افزارآنیکس امیکا[1] حدود ۳۰-۵۰ ذره انتخاب شـد و با اندازه‌گیری میانگین قطر کوچکتر ابعاد ذره اندازه‌گیری شد و به کمک قاعده اندازه‌گیری بافت خاک بر اساس اندازه ذرات (ذرات ماسه بزرگتر از ۲میلی متر سیلت ۰/۰۵-۲ میلیمتر ورس کمتر از ۰/۰۰۲میلیمتر) درصد ذرات تشکیل دهنده محاسبه شد و غالب ذرات را سیلت تشکیل داد و بافت ذرات در کلاس سیلتی قرار گرفت (جدول ۲). همچنین خروجی نرم افزار پارتیکل سایز (جدول ۳) براساس قاعده نیز بافت ذرات را در کلاس سیلتی قرار داد. میانگین قطر ذرات گردوغبار در پارتیکل سایز و SEM درگروه کمتر از ۱۰میکرون قرار گرفت.

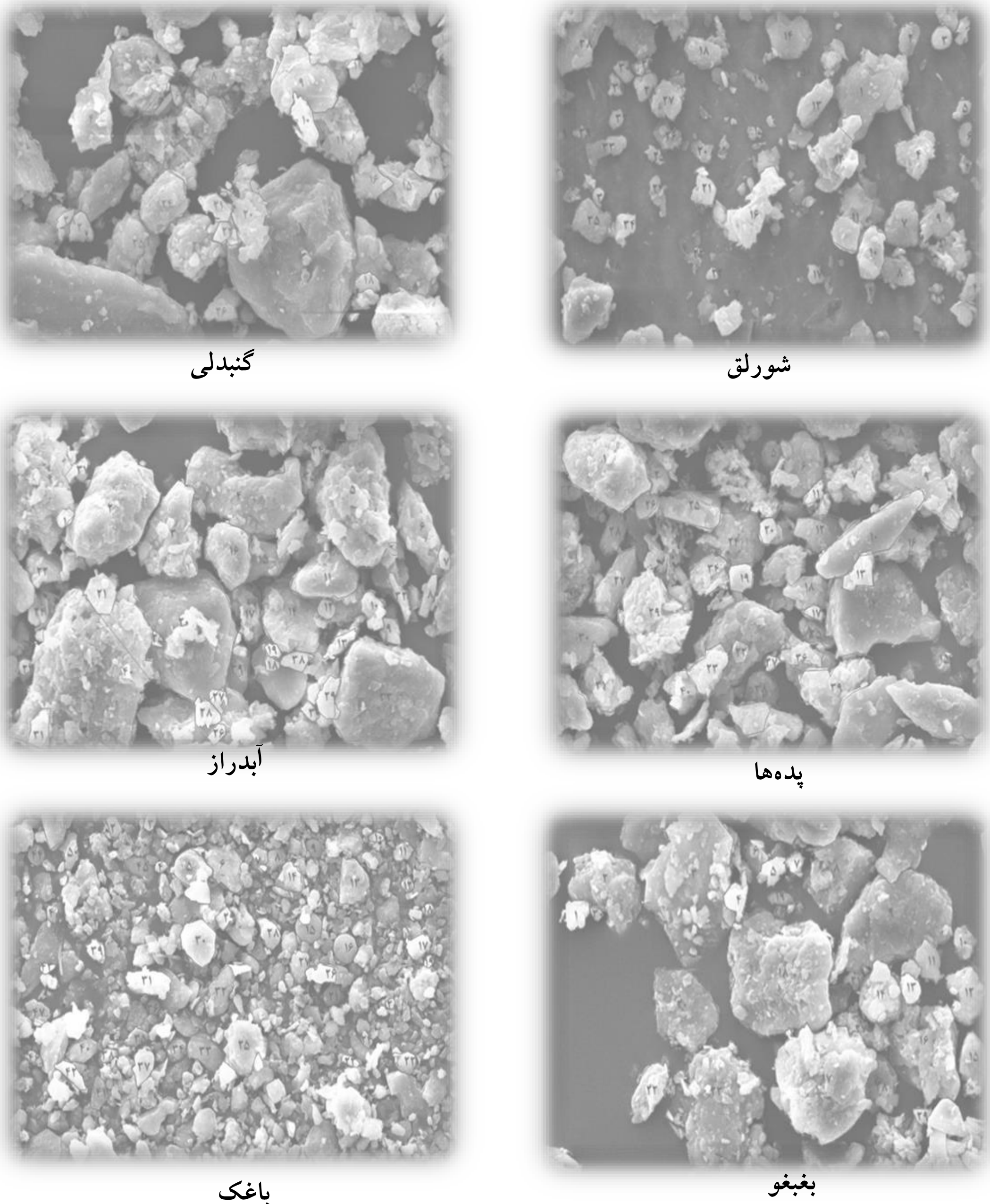
جدول ۲- خروجی حاصل از آنالیز SEM به کمک نرم افزار Anix Emica

	بغبغو	باغک	پده	آب دراز	شورلق	گنبدلی
میانگین (میکرون)	٦/٧	٣/٧	٦/٣	٥/٩	٤/٤	٧/٢
حداکثر (میکرون)	١٥/٤	٧/٨	٢١/٦	٢٠/٣	١١/٧	٢٥/٣
حداقل (میکرون)	٠/٨	١/٣	١/٨	١/٧	٠/٨	١/٦

جدول ۳- خروجی حاصل از آنالیز دانه‌بندی لیزری ذرات

نام روستا	بغبغو	باغک	پده	شورلق
میانگین (میکرون)	۳	۳	۳	۲
حداکثر (میکرون)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
حداقل (میکرون)	۲	۲	٦	۲

1 Anix Emica



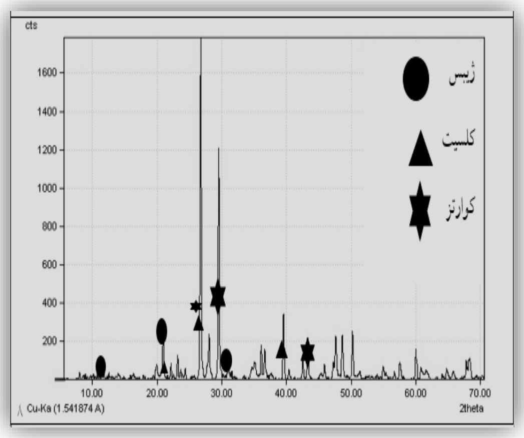
شکل ۳- خروجی حاصل از آنالیز SEM در مقیاس ۵۰۰ میکرون

تکنیک تفرق اشـعه ایکس امکان تشـخیص فازهای کانی‌های تشـکیل دهنده نمونه‌های گردوغبار را می‌دهد. این آنالیز با استفاده از الگوی پراش متأثر ازویژگی‌های نوع کانی و همچنین با توجه به موقعیت، شدت و عرض پیک‌های تصاویرXRD صورت می‌گیرد (موسوی و پورخباز، ۱۳۹٦).با توجه به نتایج حاصل از بررسی می‌توان گفت که عمده کانی‌های تشکیل دهنده شامل:کلسیت ژیبس کوارتز وکائولونیت می‌باشد. نتایج حاصل از XRD در جدول (٤) شامل کانی‌های تشـکیل دهنده و در شکل شماره ٤ شامل طیف عبوری از ذرات گردوغبار در روستاهای مورد مطالعه را نشـان می‌دهد. نتایج حاکی از آنست که در روستای شورلق کانی رسی شامل: کائولونیت (با توجه به شرایط آب و هوایی گرم و خشک منطقه و با منشأ آواری (از رسوبات واحدهای زمین‌شناسی) و تبخیری است. در روستای آب دراز وشورلق کانی کوارتز با منشأ سیلیکاتی و کانی‌های کربناته کلسیت و ژیبس با منشأ تبخیری حضور دارند، درصد کانی‌های تشـکیل دهنده روسـتای پده شـامل: کلریت، کوارتز و کلسـیت اسـت، همچنین کانی‌های تشکیل دهنده روستای بغبغو و باغک شامل شرایط گردوغبار مشابه روستاهای نامبرده می‌باشد.

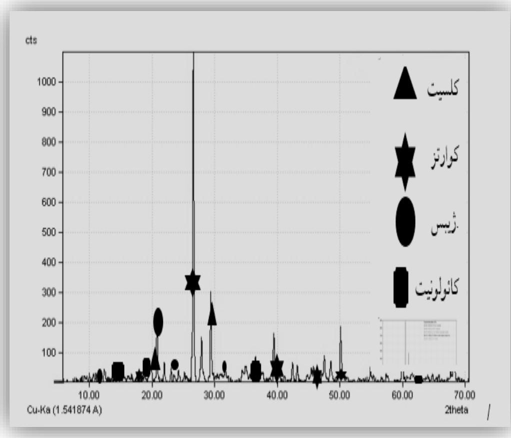
جدول ٤- درصد کانی‌های تشکیل دهنده روستاهای مورد بررسی در منطقه سرخس

نام روستا	کائولونیت[1]	سیلیس[2]	کلسیت[3]	ژیبس[4]	کلریت[5]
شورلق	٤٦/٨	۱۰/٦	۱٦/۳	۲٦/۳	۰
آبدراز	۰	۱۷/٤	۳۱/٦	۵۱	۰
پده	۰	۱۲/۲	۵/۲	۰	۸۲/٦
باغک	٦۲/۱	۱٦/۲	۲۱/۷	۰	۰
بغبغو	۰	۱٤/٤	۱۹/۲	۰	٦٦/٤

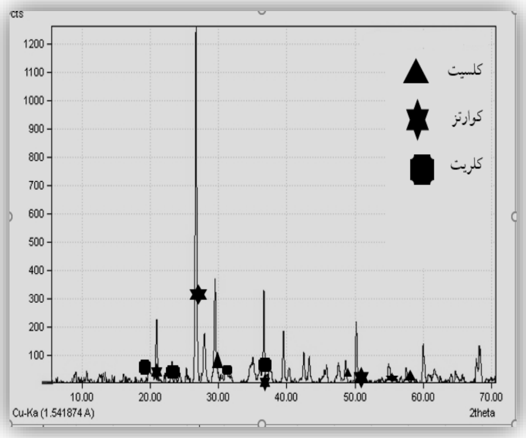
1 kaolinite(Al2H4O9Si2
2 sio2
3 Calcite(CaCO3)
4 Gypsum
5 Cholorit(H4Mg3O9Si2)



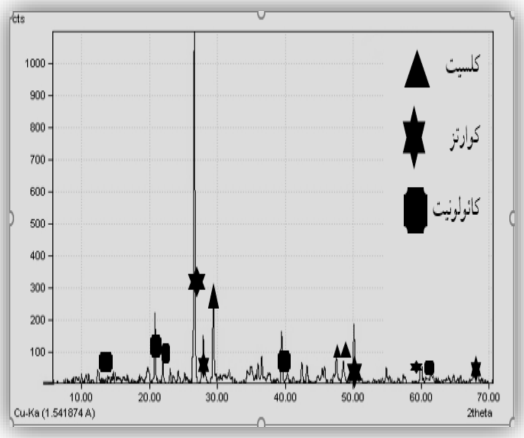
روستای شورلق



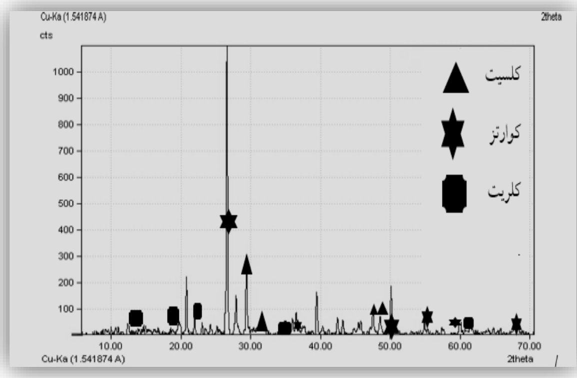
روستای آب دراز



روستای پده‌ها



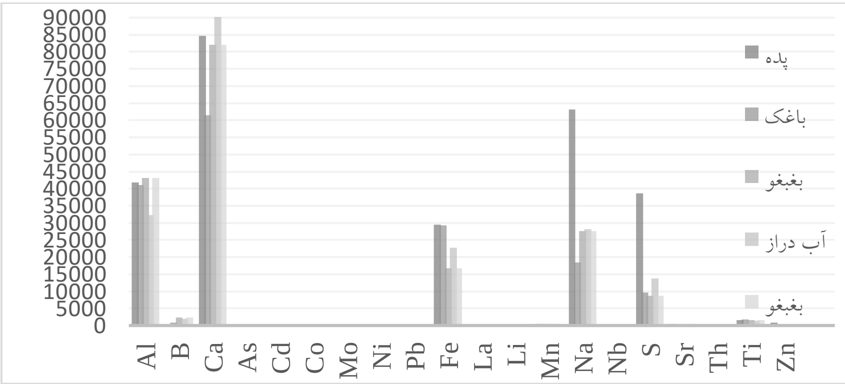
روستای باغک



روستای بغبغو

شکل ٤- نتایج آنالیز XRD منطقه سرخس

نتایج حاصـل از ICP: شـکل ۵ غلظت عناصـر تشکیل دهنده ذرات گردوغبار روستاهای منطقه سرخس (پده، بغبغو، باغک و آب دراز) نشـان داده اسـت. در این جدول عناصر: کلسیم، سدیم، آلومینیوم، آهن و گوگرد بیشترین درصد عناصر را در روستاهای نامبرده به خود اختصاص داده، همچنین عناصر: آرسنیک، کادمیوم، بر، نیکل، سرب، منگنز و روی تیتانیوم در گروه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از طیف‌سنجی القایی مؤید این مطلب است که سه منشأ آواری، تبخیری و شیمیایی برای ذرات گردوغبار می‌توان در نظر گرفت. دامنه تشخیص عناصر در جدول (۵) بیان شده است .



شکل ۵- غلظت عناصر ((PPM ذرات گردوغبار

جدول ۵- دامنه تشخیص عناصر با روش ICP-OES برحسب PPM منبع: (پوتز[1]، ۱۹۸۷)

EL	Na	Ti	P	Nb	Pb	Te	Th	Y	Tl
DL[2]	۱۰	۱۰	۱۰	۱	۰/۵	۰/۰۱	۱	۰/۲	۰/۲
EL	Fe	Cs	SC	La	Ni	Mo	S	K	Cd
DL	۱۰۰	۰/۵	۰/۱	۱۰	۱	۰/۳	۵۰	۱۰	۰/۱
EL	Cr	Ba	Mg	As	Mn	Co	Zn	Rb	Be
DL	۲	۰/۲	۱۰	۱	۵	۰/۵	۰/۵	۰/۱	۰/۱
EL	Tl	U	W	Eu	Ga	Sm	Ge	Zr	V
DL	۰/۲	۱	۱	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۱	۲
EL	Cd	Sn	Sr	Ce	Yb	Er	Nd	Gd	Li
DL	۰/۱	۱	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۲
EL	Be	Ag	Al	Cu	Ca	Se	Dy		
DL	۰/۱	۰/۱	۱۰	۰/۵	۱۰	۱	۰/۳		

1 Potts
2 Limit detection

به‌طورکلی، خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار مشابه خاک منطقه می‌باشد. با این حال عملکرد های فیزیکی خاک در طول انتشار گردوغبار می‌تواند خصوصیات شیمیایی گردوغبار را نسبت به منبع تغییردهد. به عنوان مثال، فرسایش بادی ترجیحاً ذرات ریز خاک را که اغلب غنی از عناصر کمیاب می‌باشند از خاک حذف می‌کند (لی[1]،۲۰۰۸). به علاوه در هر مرحله از چرخه گردوغبار نیز ممکن است ویژگی‌های شیمیایی و یا فیزیکی گردوغبار تغییر نماید؛ بنابراین اندازه ذرات، کانی‌شناسی وخصوصیات شیمیایی ذرات گردوغبار بسیار وابسته به فرآیندهایی می‌باشد که در طول انتشار از خاک، انتقال دراتمسفرو رسوب اتفاق می افتد (لاورنس[2]،۲۰۰۹).

عموماً به لحاظ کیفی، ذرات گردوغبار در دو دسته صنعتی و طبیعی جای می‌گیرند. ذرات صنعتی از نظر اندازه کوچکتر از ذرات بیابانی بوده و در تصاویر میکرسکوپی ظاهری تیز و لبه دارند. این ذرات براثر فعالیت انسانی وارد اتمسفر می‌شوند. ذرات بیابانی گردوغبار ازاندازه بزرگ‌تری برخوردار بوده وعمدتا شکل کروی دارند که بر اثر فرسایش در مسیر جابجایی ایجاد می‌شوند (بشیری خوزستانی، ۱۳۹۰). تصاویر Sem در روستای پده و گنبدلی دارای کشیدگی لبه‌های نوک تیز اند و نشانگر این است که ذرات از مسافت نزدیک‌تر وارد منطقه شده است و احتمالاً در اثر فعالیت‌های انسانی وارد اتمسفر شده است. گردوغبار با توجه به غیر یکنواخت بودن و دارابودن از ذرات ریز تا درشت از رس تا سیلت متوسط، همچنین بعضی ذرات کروی و بعضی ذرات نیمه زاویه دار تا زوایه دار بودن را می‌توان به عنوان منشأ فرا محلی در نظر گرفت.

یکی از مهم‌ترین عواملی که بر ترکیب وغلظت شیمیایی ذرات گردوغبار اثرمی‌گذارد، کانی‌شناسی و مواد منبع گردوغبار می‌باشد (احمدی بیرگانی و همکاران). تصاویر XRD عمده کانی‌های تشکیل دهنده ذرات گردوغبار را در سه فاز کربناته وتبخیری (کلسیت، ژیبس) سیلیکاته (کوارتز) و رسی (کائولونیت) قرار می‌دهد. با توجه به قطر ذرات در تصاویر SEM می‌توان به نوع کانی‌ها پی برد. به عنوان نمونه ذرات کروی با ابعاد زیر ۵ میکرون کانی‌های رسی هستند که انبوهه‌های خوشه‌ای ایجاد می‌کنند (ویدرکر[3]، ۱۹۹۸).

ساختارهای بلوری منظم در اندازه ۱۰–۲۱ بیشتراز بلورهای کلسیت هستند که معمولاً در اندازه‌های PM_{10} تمرکز بالایی دارند. ذرات نزدیک به کروی و یا دارای شکل‌های نامنظم که همراه با اندازه‌های PM_{10} هستند، بیشتر بلورهای کوارتزی هستند که به صورت تک کانی در بیشتر نمونه‌ها نمود کاملاً مشخصی دارند (زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۰).

نتایج کانی‌شناسی در مناطق شهری دشت سیستان نشان داد که کانی‌های غالب در نمونه‌های گردوغبار به ترتیب کلسیت، کوارتز و فلدسپات‌ها بوده‌اند که منعکس کننده شرایط اقلیمی گرم و پوشش گیاهی ضعیف در یک محیط رسوبی هستند (دانش شهرکی، ۱۳۹۵) که شباهت بسیاری با ترکیب کانی‌های گرد وغبار شهرستان بیرجند وسرخس

1 Li
2 Lawrence
3 Wiederkehr

دارند (موسـوی و خباز پور، ١٣٩٦). ترکیب کانی‌شـناسـی و تاحدودی ریخت‌شـناسـی ذرات گردوغبار از دیدگاه زمین‌شناسی منطقه تحت تأثیر مسیرغالب باد است، همچنین جهت بادهای ١٢٠روزه سیستان، با باد غالب در منطقه سـرخس بر هم منطبق اسـت (زمین‌شناسی شمال شرق، مجد آب شرق). با توجه به وجود کانی کلسیت و کوارتز بیشـتر نمونه‌ها به عنوان محصولات فرعی محیط‌های رسوبی تخریبی نشان دهنده خاستگاه کاملاً رسوبی برای ذرات گردوغباربیرجند و سـرخس می‌باشد. همچنین خاستگاه کانی کلسیت می‌تواند در نواحی دارای صحرا باگستردگی زیاد رسـوبات بادی همراه باشـد (زراسـوندی وهمکاران، ١٣٩٠، زراسوندی،١٣٨٨). علاوه بر آن در بررسی فلزات محلول کلسیم و پتاسیم، آهن وآلومینیوم و منگنز بیشترین مقدار غلظت را در بین تمامی فلزات در روستاها دارا بوده است که نشان از طبیعی و خاکزاد بودن منشأ گرد وغبار می‌باشد علاوه بر آن فراوانی بالای کانی‌های کلسیت وکوارتز نیز تأیید منابع انتشـار زمین شناختی برای ریزگردها می‌باشد (گرازولیس و همکاران، ٢٠٠٩)، (بشیری خوزستانی و همکاران، ١٣٩٥).

با بررسـی میزان بالای غلظت فلزات محلول، می‌توان به منشـأ بادهای ١٢٠روزه سیستان اشاره کرد (موسوی و خبازپور،١٣٩٦) •دربین فلزات کلسیم در بالاترین میزان به ٣٢١٤٦٦(ppm) می‌تواند حاکی از جابه جایی ذرات درشت گردوغبار و یا نزدیکی منبع تغذیه و منشـأرا نیز نشـان داد. وجود عناصـر کلسیم، بر و گوگرد به دلیل نزدیکی منابع تغذیه کننده گردوغبار به ایسـتگاه و نزدیکی به رسـوبات تبخیری و واحدهای زمین‌شـناسـی آهکی و دولومیتی و همچنین معدن گچ و عناصر سمی همانند آرسنیک و روی به پالایشگاه خانگیران نسبت داد.

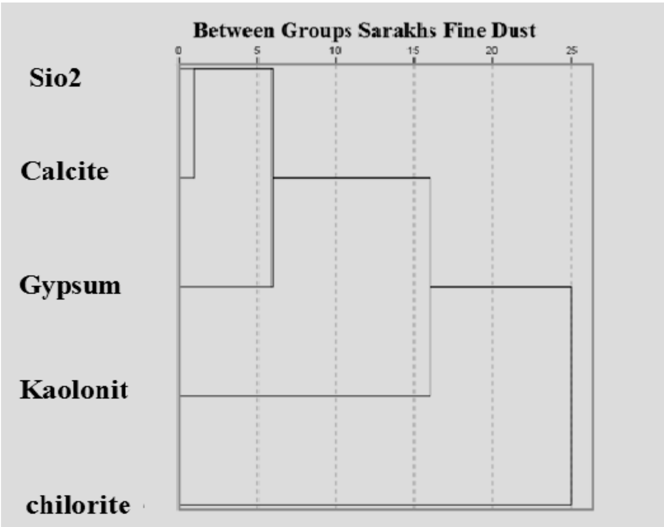
٥. نتیجه‌گیری

بیش‌ترین میزان غلظت فلزات در ذرات گردوغبار مربوط به روسـتای آبدراز، پده، بزنگان می‌باشد. موقعیت این روستاها هم‌جهت با بادهای ١٢١روزه سیستان و در راستای باد غالب منطقه که شمال غربی- جنوب شرقی (گزارش زمین‌شناسی شمال شرق، مجد آب شرق) است. به نظر می‌رسد ذرات گردوغبار در منطقه سیستان شباهت به ذرات گردوغبار این مناطق دارد.

عناصرآلومینیوم، بر، کلسیم، سدیم، آهن، گوگرد، تیتانیوم، منگنز، روی و استرانسیوم ١٠ گروه عناصری هستند که بیشترین غلظت را در ذرات گردوغبار منطقه، تشکیل داده‌اند.

با توجه به خروجی XRD، SEM می‌توان برای گردوغبارهای حاضره در سرخس چند منشأ در نظر گرفت، بدین صورت که منشأ تبخیری شامل: کانی کلسیت به بادهای ١٢٠ روزه سیستان نسبت داد و عناصر تبخیری شامل گوگرد و بر را به معدن گچ، عناصر سمی را به پالایشگاه گاز خانگیران و کانی‌های رسی و عناصر آهن، آلومینیوم و نیکل را به منشـأ آوارای و زمینی نسـبت داد، اما نتایج PSA گویا این مطالب است: جورشدگی بسیار بالا و ذرات غالباً دانه رسـی تا سـیلت متوسط را تشکیل می‌دهند که بیان کننده این مطلب است که می‌تواند منشأ ذرات دور هم باشد که

بادهای ۱۲۰روزه سیستان به علت هم‌جهت بودن با بادهای منطقه سرخس نیز مؤید این مطلب است. هر چه سرعت باد بیشتر باشد و ذرات کوچکتر و کروی‌تر باشند، نشان می‌دهد ذرات از فاصله دورتری آمده‌اند، لذا باید از PSA در کنار نتایج XRD، SEM استفاده کرد و هرکدام از این آزمایش‌ها به یکدیگر وابسته هستند و درواقع مکمل یکدیگرند. همچنین طبق نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای (شکل ٦) کانی‌های تشکیل دهنده منطقه شامل: کائولونیت، کورتز و کلسیت و ژیبس دارای یک منشأ مشترک و تبخیری هستند اما کانی کلریت منشأ جدا گانه ای دارد و احتمالاً منشأ آواری یا شیمیایی دارد. نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای برهم منطبقند.



	فاکتور	
	۱	۲
کائولونیت	۰/۲۳۳	-۰/۹۵
کلریت	-۰/۸۵-	۰/۴۹۷
سیلیس	۰/۶۸۸	۰/۴۱
کلسیت	۰/۹۵۱	۰/۱۹۵
ژیپس	۰/۷۵۷	۰/۲۳٦

شکل ٦- نتایج حاصل از آنالیز فاکتوری (سمت راست) و خوشه‌ای (سمت چپ) کانی‌های تشکیل دهنده ذرات گردوغبار

کتابنامه

احمدی بیرگانی حسام؛ فیض نیا، سادات؛ میرنژاد، حسن؛ کوئین، کن مک؛ ابراهیمیان، سعید؛ تابع الحجه، محمد علی؛ ابراهیمی، شاکر؛ سالمی مجرد، اسکندر؛ خلیفه زاده، عبدالرضا؛ بدری، جواد؛ ۱۳۹۵.ترکیب شیمیایی ذرات TSP گرد وغبار به عنوان شاخصی در منشأیابی ژئو شیمیایی در رسوبات، محیطزیست طبیعی. *منابع طبیعی ایران*. شماره ٦۹. ۲۸۳-۳۰۱.

احمدی، حسن؛ ۱۳۷۷. *ژئومرفولوژی کاربردی* (بیابان-فرسایش بادی). جلد دوم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

آرامی، سید عبدالحسین؛ اونق، مجید؛ محمدیان بهبهانی، علی؛ اکبری، مهری؛ زراسوندی، علیرضا؛ ۱۳۹۷. تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله (۲۰۱۷-۱۹۹٦). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*

۱۳۹۷.سال پنجم. شماره ۱. ۳۹-٦٦.
بشیری خوزستانی، رضا؛ سوری، بابک؛ ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات خصوصیات فیزیکوشیمیایی ذرات معلق بزرگتر از ۱۱ میکرومتر در استان کردستان. غرب ایران. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. شماره ۳. ص ۷۹-۸۰.
جعفری، فریبا؛ خادمی، حسین؛ ۱۳۹٦. مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گردوغبار اتمسفری شهر کرمان. نشریه *علوم آب وخاک (علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی)*. سال بیست ویک، شماره ۱. ص.۲۱ ۱۸
خاتونی درویشی جواد؛ ۱۳۹۵. رسوب‌شناسی و زمین شیمی رسوبات دشت خوزستان با نگرش پتانسیل تولید گردوغبار. یافته‌های نوین زمین‌شناسی و کاربردی. دوره ۱۰. شماره ۲۰. ۹۲- ۱۰۵.
رسولی، علی اکبر؛ اساری صراف بهروز؛ محمدی، غلام حسین؛ ۱۳۸۹. تحلیل روندوقوع پدیده اقلیمی گردوغبار در غرب کشور در ۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری ناپارامتری. *فصل نامه جغرافیا*. شماره ۹، ص ۱۵-۲۸.
زراسوندی، علیرضا؛ مر، فرید؛ نظرپور، احد؛۱۳۹۰. ترکیب کانی‌شناسی ذرات تشکیل دهنده پدیده گردوغباردر استان خوزستان با تکیه بر آناالیز XRD وSEM ، *مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی*. دوره ۱۹. شماره ۳. ۵۱۱-۵۱۸
زراسوندی، علیرضا؛ ۱۳۸۸. بررسی اثرات زیست محیطی پدیده گردوغبار در استان خوزستان (فاز اول). اداره کل حفاظت از محیط‌زیست استان خوزستان. ص ۲۰۰.
کریمیان، بهناز؛ لندی، احمد؛ حجتی، سعید؛ احدیان، جواد؛ ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی و کانی‌شناسی گردوغبار شهر اهواز. *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*. دوره ٤۷. شماره ۱. ۱۵۹-۱۷۳.
الگوی مشارکت جوامع محلی و دستگاه‌های اجرائی در احیاء منابع طبیعی، *زمین‌شناسی شهرستان سرخس*. مهندسین مشاور مجدآب شرق.
موسوی، حوریه؛ پورخباز، علیرضا؛ ۱۳۹٦. منشأیابی ذرات گردوغبار با بررسی خصوصیات فیزیکی وشیمیایی آن‌ها در شهرستان بیرجند. *فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی. محیط‌زیست*. سال یازدهم. شماره ۸۳ بهار ۹٦. ص ۱-۹.

Broomandi, P., Dabir, B., Bonakdarpour, B., Rashidi, Y., 2017. Mineralogical and Chemical Characterization of Suspended Atmospheric Particles in Ahvaz. Int J Environ Res.
Folk R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing company texac78703.
Grazulis S, Chateigner D, Downs R. T, Yokochi A. T, Quiros M, Lutterotti L, Manakova E, Butkus, J, Moeck, P & Le Bail, A., 2009. Crystallography Open Database - an open-access collection of crystal structures. J. Appl. Cryst. 42, 726-72.
Jaradat Q, Momani M, Kamal A, Jbarah, Abdel-Aziz Q Massadeh A., 2004. Inorganic analysis of dust falls and office dust in an industrial area of Jordan. Environmental Research',96, pp. 139–144.
John R. Dean., 2005. Practical Inductively Coupled Plasma Spectroscopy, ASM Metal Handbook, Materials Characterization Induction coupled plasma spectroscopy and its application, Volume 10, Steve J.Hill, second edition.
Karimian Torghabeh, A., Afzali, S. F., Jahandari, A., Mahmudy Gharaie, M. H., & Al-Khashman, O. A., 2020. Evaluation of trace elements concentration in surface sediments of Parishan International Wetland (Fars Province, SW Iran) by using geochemical and sedimentological analysis. Toxin Reviews.P1-9.

Lawrence, C. R. and J. C. Jason., 2009. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: A synthesis of direct measurements of dust deposition Chem. Geol. 267: 46- 63

-Li, J., G. S. Okin, L. Alvare and H. Epstein., 2008. Effects of wind erosion on the spatial heterogeneity of soilnutrients in two desert grassland communities. Biogeochemi. 88: 73-88

-Modaish,A.S. M., 1997. characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh city Saudi Arabia. Journal of Arid Environments. V. (36), P. (211-213).

Mounteney I, Burton A. K, Farrant A. R, Watts M. J, Kemp S. J. & Cook J. M., 2018. Heavy mineral analysis by ICP-AES a tool to aid sediment provenancing. Journal of Geochemical Exploration, 184, 1–10.

Potts, P. J., 1987. A Handbook of Silicate rock analysis. Blackie and Son Ltd, 549 p

Siiro P, Rasanen M, Gingras M, Harris C, Irion G, Pemberton G, Ranzi. A., 2005. Application of Laser diffraction grain-size analysis to reveal depositional processes in tidally influenced systems. Fluvial Sedimentology VII, Special Publication Number 35 of the International Association of Sedimentologists. Vol. 159-180.

Wiederkehr P, Yoon S.J., 1998. Air qualityindicators. In: Fenger J, Hertel O, Palmgren F(eds) Urban air pollution European aspects. Kluwer. Dordrec.